

1999年4月号・特集「気の利いた情報システム」

電子情報通信学会会誌原稿

表題：「コンピューティングの観点から見た気の利いた情報システム」

## アブストラクト

気の利いた情報システムについて、コンピューティングおよびネットワーキングの観点から概観する。まず、情報システムにおける気の利き方の有り様について、人間とモノ、人間とサービスの関係でそれが意味するところを示す。情報システムの気の利き方の背後にはコンピュータが潜んでいることを指摘する。人間とのインタフェースの高機能化技術、コンピューティングおよびネットワーキングの高性能化技術が情報システムの気の利き方を支える基盤技術であり、その研究開発が重要であることを主張する。最後に、20年後の気の利いたコンピュータについて展望する。

### 1. はじめに

人間の場合、気が利くというのはほめ言葉である。気が利かない人間との付き合いは、非常にくたびれる。そのアナログから言えば、気の利いた情報システムとは、使う側が疲れない出来のいいコンピュータということになるだろうか。

コンピュータは地球上に新しい文明と文化をもたらし、人間の生活、思考の方法にまで影響をもたらしつつある。コンピュータはいつも身近にあり、家電製品や自動車など見えないところでも役に立っている。弊害としては、社会の情報インフラストラクチャであるコンピュータの障害がもたらす社会的、産業的影響は大きい。個人レベルでも、ゲームやネットワークサーフィンにあけくれたり、コンピュータの環境整備に時間を無駄に使うことも多い。

ネットワークを介して、公開されている情報にはどこからでもアクセスが可能になっている。その情報は文字に限らず、画像、映像などいわゆるマルチメディア情報として表現されている。得られる情報は仮想的であり、意味内容については満足することができる。しかし、仮想化に際して媒体から捨象された情報は伝わらない。放送大学、遠隔地教育などは、教室の緊張感を運ばない。今後は、現実のモノ、現実の風景、現実の会話の価値が増大することが予想される。そうした前提での気の利かせ方を考えていく必要があるだろう。

偏在コンピューティング (ubiquitous computing) が現実のものとなっても、自分自身に関する情報は自分の所有物である。その使用範囲は、自分の判断で決めることができなくてはならない。また、自分自身に関する情報あるいは自分が所有する情報が開示される場合のリンク先、コピー先についても、必要におうじて取り消したり、修正したりすることができなくてはならない。役にも立たない情報がディスクを埋め尽くし、管理不能の状況におちいることも頻発するだろう。このあたりの使い勝手についても、これからの情報システムは気を利かせることが求められる。

## 2. 気が利くということ

気の利いた存在とは何であろうか？この言葉から思い浮かぶのは、「以心伝心」の世界である。気の利いた女房、気の利いた秘書といった表現が意味するものであり、「一を聞いて十を知る」とか、「ツーカーの関係」などと言われる。人間とコンピュータの関係が、そうした気の利いた関係に限りなく近づくことが求められている。

人間対モノという関係で見たとき、モノが本来の機能以外に人間にとっての有用な付加価値をもっている場合、そのモノは気が利いていると言われる。例えば、気の利いたテレビ、ゲーム、電話、手帳、財布、地図、切符、辞書、家庭電化製品などを考えてほしい。テレビの場合、その気の利き方として、持ち運び自由、多チャンネル運用、CMカット、残り時間表示、双方向性 (実時間番組参加) 機能統合 (電話、ファクス、パソコン、監視装置等) などの機能が付加されていると、程度の差はあれ気が利いていると言ってよいだろう。

人間 (客) 対サービス事業という関係ではどうであろうか？客が期待する本来のサービスに加えて従来なかった付加価値をあたえるとき、客は気の利いたサービスと受けとめる。気の利いた本屋 (品揃え) 図書館 (閲覧・検索) 博物館 (案内) 役所 (証明発行) 競売屋 (オークション) パチンコ屋 (遊戯) 食堂 (注文) などが想起される。

このように情報システムの気の利き方は多様であり、その背後には多くの場合コンピュータが潜んでいる。以下では、「気の利いた情報システム」の背後にあるもの、それを支えるもの、いわば縁の下の力持ちについて展望する。

## 3. 「気の利いた情報システム」の背後にあるもの

### (1) コンピュータの気の利かせ方

人間に対して情報システム (コンピュータ) に厳密な意味で気を利かさせるためには、対象とする人間のモデルをシステム内にもつ必要がある。対象とする人間の微妙な変化を

入力として、モデルとの比較によってその意図を理解し、必要な応答を返す。人間の微妙な変化を検出しシステムにとりこむ能力と、システム内のモデルの精緻さが気の利き方に影響をもつ。意図の理解には学習能力、適応能力が求められる。また、コンピュータへの入力は、視覚、聴覚、触覚、臭覚、味覚などを感覚センサとしてシステム化される必要がある。感覚センサを介して得られる人間の変化は、文字、画像、音声などのマルチメディア情報として表現される。

このような人間に対するコンピュータの気の利かせ方には、対象に依存する限界がある。実際のところ、微妙な変化を見せない対象、あるいはシステムのもつ感覚センサに感じとれない対象には、気の利かせようがない。今後、より気の利いたコンピュータの出現が期待されるし、それが強く求められてもいる。そのためには人間とコンピュータの関係を、より深くかつ総合的に究明することが不可欠である。これらはヒューマンインタフェース、対話システム、応用認知科学の領域の研究課題である。対象に依存しない限界もある。入力情報が大量で、人間のモデルが極めて複雑である場合、処理するコンピュータの性能限界を容易にこえてしまう。

人間とのインタフェースにおける情報システムの気の利き方の要因として、機能的な使いやすさの他に、以下のような基準が考えられる。

- 1．小型・軽量（可搬性）
- 2．頑丈・安全（信頼性）
- 3．環境適応（学習性）
- 4．設置・接続容易（利便性）
- 5．安価（経済性）

これらの基準のすべてに、情報システム技術はかかわっている。また、気の利き方の価値の大きさは、人間と対象物（モノ）と間に介在するインタフェースの距離によって異なったものとなる。このような一般的な意味での「気の利いた情報システム」の背後には、次の3つの基盤技術が存在する。

人間とのインタフェース技術

高性能コンピュータ技術

高性能ネットワーク技術

以下ではこれらについて概観する。

## （2）人間とのインタフェース技術

人間とのインタフェースにおける気の利かせ方は、以下のような技術基盤によって支えられている。

- 1．不可視コンピューティング

## 2. モバイルコンピューティング

### 3. インタフェース機器

### 4. ロボット

不可視コンピューティング (invisible computing) は、見えないところで使われているコンピュータによる高機能の実現である。家電製品、事務機械、自動車など、外見からは従来のモノと区別はないが、気の利いた制御を可能にしているのはコンピュータによる恩恵である。

インターネット、携帯電話によって代表されるモバイル情報機器の普及は、高性能ネットワークの技術基盤の発展に根差すものである。人間とのインタフェースは、いままで情報システム側の適応によって改善がはかれてきた。人間側に情報システムの一部を物理的に委ねて、両者の距離をより一層近づける段階へと進化しつつある。モバイルコンピューティング技術によって、銀行のキャッシュカード、クレジットカード、電車の定期券などが高機能化され、電子財布、電子商取引社会へと発展しようとしている。コンピュータへの入出力機器 (3次元表示、マウス、キーボード、音声・画像入出力、プリンタなど) の技術革新においても、機能と性能の向上におけるコンピュータ技術の貢献は大きい。

ロボットの利用は現在のところは産業応用が中心である。工場での製品の組み立て、塗装、検査、搬送などの工程において、人間にかわって気を利かせながら作業にいそしんでいる。その他、会社の受け付けや清掃を行うロボットが、気の利いた情報システムとして実用化が始まっている。ペットロボットの開発も行われているが、物理的な個体をもつロボットが家庭内に入ってくるにはまだ時間がかかりそうである。ロボットは人間についての気の利かせ方を体現するものであり、究極の気の利いた情報システムである。人間とのインタフェースにおける気の利かせ方の研究素材として、また、人間と機械の関係の在り方を検討する対象としてロボットの研究は最適である。

### (3) 高性能コンピューティング技術

気の利いた情報システムの提供する高機能を実現するものは、結局のところコンピュータの高速性である。情報システムの高機能性はソフトウェアによって実現されている。複雑にして大規模なソフトウェアを、人間にとって許容できる時間内に処理するには高性能コンピュータが不可欠である。実際には、コンピュータの高速性に合わせた機能の高さが実現されている。すなわち、コンピュータの能力によって、システムの気の利き方は制約される。

高性能コンピューティングを支えるハードウェア技術として、論理素子、記憶素子のデバイス技術を始めとして、システム LSI、ASIC (Application Specified IC)、FPGA (Field

Programmable Gate Array)、DSP (Dedicated Signal Processor)、マイクロプロセッサなどの技術革新の及ぼす影響が大きい。なかでもハードウェア技術の集大成としての高性能マイクロプロセッサの速度向上は、システムの機能向上、すなわち気の利かせ方の拡大に大いに貢献している。さらに、数百、数千のマイクロプロセッサを結合して1台のコンピュータとして動作させる並列コンピュータは、今後のコンピュータの高速化には不可欠の存在である。複数のコンピュータを広域ネットワークを介して相互接続した分散システム環境と合わせて、情報システムの機能向上にとってきわめて重要な技術である。

こうしたハードウェア技術のみで情報システムの機能向上が可能になる訳ではない。ハードウェアのもつ潜在能力を最大限に発揮させる並列・分散処理のシステムソフトウェア技術、高機能を実現する応用ソフトウェア技術、およびそれらの開発を容易にするソフトウェア工学の重要性を見逃してはならない。並列・分散システム環境におけるコンピューティング技術は、次世代コンピュータ科学分野の重要な研究課題である。

#### (4) 高性能ネットワーキング技術

気の利いた情報システムの技術基盤は、高性能コンピューティング(計算能力)と高性能ネットワーキング(通信能力)が支える。もちろん単体としてのコンピュータが解決しうる程度の機能であれば、並列処理、分散処理の必要はない。しかし、ある機能の実現に並列処理、分散処理が不可欠な状況は今後より頻繁に生じるだろう。また、社会の情報インフラストラクチャが整備され、偏在コンピューティングとコンピュータユティリティの社会が実現されると、そうした環境での新たな気の利き方が求められることになる。例えば、セキュリティ、プライバシーに関連した気の利き方が要請される。モバイルコンピューティングがウェアラブルコンピューティング(wearable computing)へと発展すると、気の利き方の基準が可搬性から着心地のよさに変わっていくだろう。

インターネットや WWW(World Wide Web)を支える高性能ネットワークハードウェア技術として、ギガビット通信、非同期転送モード、無線 LAN などの高速通信技術がある。また、ネットワーク処理の通信ソフトウェアの標準化、分散システム環境におけるネットワーク資源管理、トラフィック制御などが使う側からみた気の利かせ方に大きく影響を及ぼす。ネットワークの利用者としての人間に直結するネットワークインタフェースである電子メール、閲覧用ブラウザ、データベースの検索ソフトウェアにおいては、気の利かせ方の余地がまだ多く残されている。

WWW を介して情報を得たり、モノを売り買いしたり、グループ活動を行ったりする利用が始まっている。情報を得るための気の利かせ方はまだまだ未熟である。モノの売り買いすなわち電子商取引においては、仮想通貨を使用する文化が一般化し定着するには時間を

要するだろう。その過程で、現在の現金をベースとした商取引とは異なった気の利いた取引が生まれるに違いない。WWW を情報交換の場として利用するグループ活動は新しい文化を創造する可能性がある。人間の出会いの場、交流の場として気の利いた媒体としての役割が期待される。

#### 4 . 将来の展望 - 20 年後の気の利いたコンピュータは？

コンピュータの 50 年の歴史をなぞるかのように生きてきた人にとっても、今日のコンピュータの発展は予測できなかったという。自分自身もコンピュータとのつきあいを 30 年余重ねてきた。振り返ってみて、当時数億円のコンピュータよりも高性能のノートパソコンが自分で買えるようになるとは、30 年前には予想しなかった。技術者にとって 5~10 年さきの技術革新を見通すことはできても、20 ~30 年さきのこととなると予言の領域となる。ピューリッツァー賞を受賞した米国のジャーナリストであるデイヴ・バリーの著書に「抱腹絶倒、痛快至極、一発逆転の電腦福音書」がある。同書の中で、バリーは未来の気の利いたコンピュータの姿とその使い方について予言する。

「おそらく、「未来のコンピュータ」は、もう角張ったかさばる機械ではなく、頭蓋骨の内部に外科手術で埋め込めるほど小型化して、脳みそに直接情報を伝送できるようなものになるであろう。...中略...あなたがビジネス・コンサルタントで、大事な見込み客とランチを食べることになっているとしよう。あなたはなんとかして、相手に好印象を与えたいと思っている。そういうときは、レストランに入る前に、財布を開いて、数百億バイトの情報を収めた 10 セント硬貨大のマイクロ・ディスクを一枚選び、耳のなかに入れるだけでいいだろう。ランチを食べながら、その見込み客があなたの知識のレベルを試そうとして、むずかしい質問をしてきたら、あなたはただ、さりげなく鼻の頭をつまめばいいのだ。すると、埋め込みコンピュータが作動して、1 ナノ秒以内に、あなた自身のナマの声で、あなたの代わりに答えてくれる。」

さらに、気の利かせ方を学習するコンピュータのイメージとして、バリーは SF 調の語り口で次のように述べる。

「いったんこの「未来のソフトウェア」をインストールし、実行できるようになると、その威力には驚かされるはずだ。進化をきわめたこのソフトは、まるで生き物のように見える。ソフトのほうがあなたを一個の人格として認識し、名前を呼んで話しかけてくる。あなたのいろいろな嗜好を学び取り、あらゆる要求に応じようとする。あなたが部屋にいることをちゃんと知っていて、部屋を出ていくとさびしがる。いつもあなたのことを考え、あなたがほかのソフトを使おうとすると焼もちを焼く。」

実際のところ、20年後のコンピュータがどうなっているのか、情報革命がどういう形で終息するのかについては予言することすら難しい。現在のマイクロプロセッサとオペレーティングシステムの独占状態が、そのまま移行するはずはない。変化はビジネスの機会を産み、その間に第2、第3のビル・ゲイツが登場するであろう。しかし、20年後でも間違いなくコンピュータの利用者は、「コンピュータの速度は遅いし、記憶容量も不足だ！」と文句を言い合っているに違いない。あるいは、「このコンピュータは気が利かない」という表現かも知れないが...